



Implementación de
estrategias de corte efectivo
en mecanizado de alta
velocidad para máquinas CNC
de gama media

Implementation of
effective cutting
strategies in high-speed
machining for mid-range
CNC machines



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



Resumen

En este trabajo se aborda un análisis comparativo mediante observación experimental entre estrategias de mecanizado convencionales y estrategias de mecanizado en alta velocidad específicamente el mecanizado troncoidal. Para ello el SENA CDITI adquirió dispositivos de montaje hidráulico para piezas, herramientas y el equipo de proyecto diseño una pieza prueba, la cual se mecanizó en material de acero 1045 y duraluminio 7075 utilizando las dos estrategias de mecanizado a comparar. Durante el proceso se midieron variables como consumo energético, tiempo de mecanizado y desviación metrológica, para finalmente hacer análisis de datos y presentar resultados con una valoración de las posibles ventajas y desventajas de usar mecanizado troncoidal contra mecanizado convencional.

Abstract

This work addresses a comparative analysis through experimental observation between conventional machining strategies and high-speed machining strategies, specifically trunco machining. For this, SENA CDITI acquired hydraulic assembly devices for parts, tools and the project team designed a test part, which was machined in 1045 steel and 7075 duralumin material using the two machining strategies to be compared. During the process, variables such as energy consumption, machining time and metrological deviation were measured, to finally perform data analysis and present results with an assessment of the possible advantages and disadvantages of using trunco machining versus conventional machining.

Palabras claves: Mecanizado, alta velocidad, troncoidal.

Keywords: Mechanized, high speed, trunco.

Introducción

En el contexto de la industria del mecanizado, la optimización de procesos es esencial para mejorar la productividad y competitividad. Este proyecto de investigación se centra en analizar las ventajas de estrategias de corte en alta velocidad en comparación con las estrategias de corte convencionales.

El objetivo es evaluar el impacto de estas estrategias en términos de consumo energético, fiabilidad metrológica y reducción de tiempos de fabricación durante el mecanizado de piezas.

Si bien este estudio proporciona resultados prometedores sobre la implementación de estrategias de corte troncoidal, es importante considerar el contexto de la competitividad de la industria del mecanizado en Colombia. Según datos recopilados hasta 2022, la industria de mecanizado colombiana enfrenta desafíos significativos en términos de competencia internacional, las inversiones masivas en tecnología en países como China han posicionado a este país como un competidor formidable en el mercado global de mecanizado.

La falta de inversión en tecnología y la necesidad de mejorar la formación de los operadores de máquinas CNC en Colombia son áreas que requieren atención para mejorar la competitividad. La adopción de prácticas de vanguardia, como las estrategias de corte en alta velocidad evaluadas en este estudio, podría ser un paso para mejorar el desempeño de la industria regional.

Caracterización del estudio

Diseño metodológico:

Para llevar a cabo este proyecto, se diseñó una pieza de prueba que representa un desafío significativo para las estrategias de mecanizado. Se fabricaron un total de 12 piezas, seis de duraluminio 7075 y seis de acero 1045. El mecanizado se realizó en tres etapas diferentes:

Estrategias Convencionales: Tres piezas de acero 1045 se mecanizaron utilizando fresas de 8 mm, 10 mm y 12 mm, respectivamente, empleando estrategias de corte convencionales.

Estrategias de Corte Troncoidal: Otras tres piezas de acero 1045 se mecanizaron utilizando las mismas fresas de 8 mm, 10 mm y 12 mm, pero aplicando estrategias de corte troncoidal en alta velocidad.

Mecanizado de Aluminio: Se repitió el mismo proceso con las seis piezas de duraluminio 7075, utilizando tanto estrategias convencionales como troncoidal.

Para cada prueba se implementó una fresa nueva y se realizó una inspección visual del estado de la fresa luego del proceso de mecanizado.

Se recopilaban datos relacionados con el consumo energético, la fiabilidad metrológica y tiempos de mecanizado.

Caracterización de los equipos a implementar en el estudio:

Para el desarrollo del estudio se implementaron equipos existentes en el centro de formación y otros que se adquirieron mediante financiación por SENNOVA, los equipos, herramientas y materiales son:

Centro de mecanizado marca LEADWELL referencia V40, Máquina herramienta de gama media versátil ampliamente utilizada en la industria del mercado local.

Cono de sujeción hidráulica para fresas Ericsson, es un dispositivo que se utiliza en la industria del mecanizado para fijar de manera segura fresas o herramientas de corte en husillos de máquinas herramienta, como fresadoras y centros de mecanizado.

Multiplicador de velocidad marca BIG relación 5 a 1, es un dispositivo diseñado para aumentar la velocidad de rotación de un husillo o eje de una máquina herramienta. Esto significa que, por cada vuelta completa del husillo de entrada, el multiplicador BIG generará cinco vueltas completas en el husillo de salida, necesario para el mecanizado en alta velocidad.

Fresas de tungsteno con recubrimiento punta plana con radio 1 mm para marca GEK con rango entre 8 mm y 12 mm dureza hasta 55 HRC.

Caracterización del diseño de la pieza prueba:

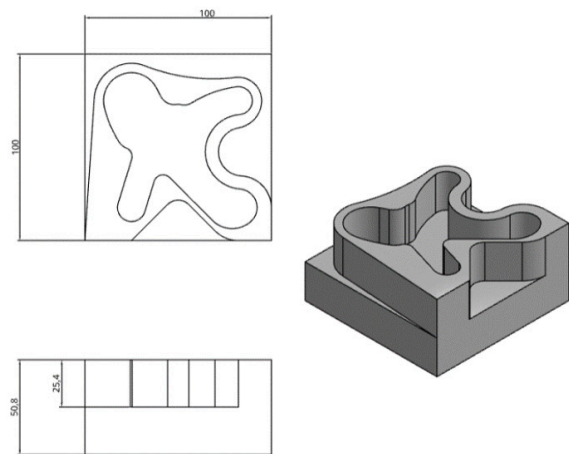
Para realizar las diferentes pruebas de

mecanizado se diseñó una pieza que suponga movimientos complejos a la máquina exigiendo la herramienta de mecanizado y a su vez tuviera altas tasas de remoción de material.

Se definió una pieza con un volumen de trabajo de 100 mm x 100 mm x 50.8 mm con una profundidad de mecanizado de 25.4 mm.

La pieza propuesta por el equipo de trabajo es la siguiente:

Imagen 1
Diseño de la pieza



Fuente: Elaboración propia. Medidas en milímetros.

Caracterización de los parámetros técnicos del proceso de mecanizado:

Para el proceso de mecanizado se implementaron los siguientes materiales:

Acero 1045 es un acero al carbono de medio contenido que se utiliza comúnmente en aplicaciones de mecanizado y fabricación debido a su buena maquinabilidad y versatilidad.

Aluminio 7075 es una aleación de aluminio que se caracteriza por su alta resistencia y es ampliamente utilizado en aplicaciones aeroespaciales y de alta resistencia.

Los parámetros de corte implementados en los procesos de mecanizado convencional se muestran en la tabla 1 y los de mecanizado en alta velocidad en la tabla 2.

Tabla 1
Parámetros de mecanizado convencional

DATOS DE MECANIZADO PARA PIEZA EN ACERO 1045 ESTRATEGIA CONVENCIONAL				
Φ FRESA	Avance de mecanizado en milímetros por minuto	Revoluciones x minuto	Velocidad de corte en metros por minuto	Profundidad de corte en milímetros
8	500	1100	25	0,5
10	500	1100	30	0,5
12	400	1000	38	0,5
DATOS DE MECANIZADO PARA PIEZA EN ALUMINIO 7075 ESTRATEGIA CONVENCIONAL				
Φ FRESA	Avance de mecanizado en milímetros por minuto	Revoluciones x minuto	Velocidad de corte en metros por minuto	Profundidad de corte en milímetros
8	800	4000	100	1
10	900	4000	126	1
12	800	5000	157	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2
Parámetros de mecanizado en alta velocidad

DATOS DE MECANIZADO PARA PIEZA EN ACERO 1045 ESTRATEGIA DE ALTA VELOCIDAD				
Φ FRESA	Avance de mecanizado en milímetros por minuto	Revoluciones x minuto	Velocidad de corte en metros por minuto	Profundidad de corte en milímetros
8	1000	18000	76	24
10	900	16000	115	24
12	800	15000	200	24
DATOS DE MECANIZADO PARA PIEZA EN ALUMINIO 7075 ESTRATEGIA DE ALTA VELOCIDAD				
Φ FRESA	Avance de mecanizado en milímetros por minuto	Revoluciones x minuto	Velocidad de corte en metros por minuto	Profundidad de corte en milímetros
8	1500	21000	80	24
10	1100	25000	110	24
12	1000	15000	226	24

Fuente: Elaboración propia

Medición de variables y resultados de la medición: Tiempo de mecanizado:

Tipo de medición: Cuantitativa

Fuente: Parámetro tomado directamente de la máquina de mecanizado V40 donde se mecanizaron las piezas.

Los valores se registran en la tabla 3.

Tabla 3

Tiempos de mecanizado

TIEMPOS DE MECANIZADO PARA PIEZAS EN ACERO 1045		
Φ FRESA	Tiempos de mecanizado convencional en minutos	Tiempos de mecanizado en alta velocidad en minutos
8	170	19
10	230	12
12	241	14
TIEMPOS DE MECANIZADO PARA PIEZAS EN ALUMINIO 7075		
Φ FRESA	Tiempos de mecanizado convencional en minutos	Tiempos de mecanizado en alta velocidad en minutos
8	75	13
10	77	15
12	77	11

Fuente: Elaboración propia

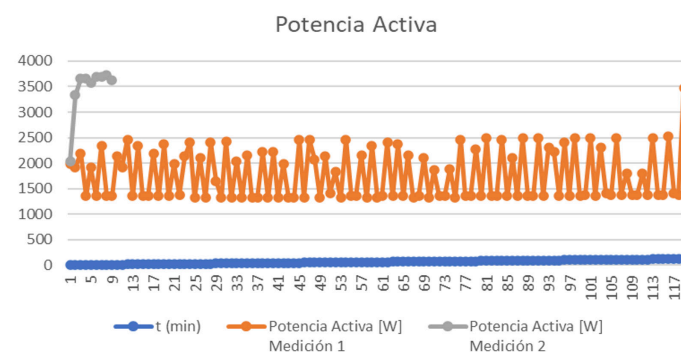
Consumo energético:

Tipo de medición cuantitativa.

Fuente: La medición se realizó por parte del semillero de investigación “Control de procesos Electromecánicos en la Industria 4.0” del SENA CDITI, liderado por el instructor Ing. Leonardo Parra, usando un equipo de medición eléctrico Fluke 435.

Para esta prueba se realizó mediciones de consumo durante una prueba de mecanizado convencional, y otra medición durante una prueba de mecanizado en alta velocidad. Los resultados de medición en términos de potencia activa obtenidos por el equipo de trabajo imagen 2.

Imagen 2
Consumo energía. Informe del análisis de consumo de energía suministrado por el ingeniero Leonardo Parra.



Fuente elaboración propia.

Así mismo en términos generales el estudio mostro que el total de energía consumido en la prueba de mecanizado convencional fue de 3.5115 KWh y en la de mecanizado en alta velocidad fue de 0.5165 KWh.

Fidelidad metrológica:

Tipo de medición cuantitativa.

Fuente: La medición se realizó por parte del equipo de laboratorio de servicios tecnológicos del centro de formación, liderada por el Msc José Daniel López, y el profesional encargado de realizar la medición fue el Ing. Bryan David Quintero. Para la medición una máquina de medición por coordenadas TESA Micro Hite 3D Dual, propiedad del SENA.

Para el desarrollo de las mediciones el equipo del proyecto suministro un plano con las mediciones a realizar, que sugieren 4 puntos de control así:

Punto 1: Distancia entre 2 caras planas

Punto 2: Altura entre 2 superficies.

Punto 3: Espesor de una pared

Punto 4: Radio de una superficie.

Imagen 3
puntos de control



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se suministraron todas las piezas mecanizadas al equipo para realizar las mediciones.

El equipo de medición realizo 10 medidas a cada punto de control de cada pieza, entregando un informe con los resultados obtenidos, la tabla 4 presenta los datos con el promedio de la desviación de medida obtenida en cada punto de medición.

Análisis de resultados:

Para el análisis de resultados se analiza en términos de valor económico y/o productivo los valores obtenidos en las diferentes mediciones realizados al proceso.

Tiempos de mecanizado:

En la industria local se estima que entre el 50% y el 70% del costo de un proceso de mecanizado lo determina su duración que en esta zona estaría en promedio en \$50.000 pesos, estimaciones basadas entre el costo de materia prima, herramientas y el valor de hora del mecanizado. Por lo tanto, basado en la tabla 1 podemos decir que la diferencia del costo de fabricar una pieza con estrategias convencionales es casi 10 veces mayor a implementar estrategias en alta velocidad, además de disponer de más horas para la realización de nuevas piezas.

Consumo energético:

En las mediciones realizadas se puede observar que por unidad de tiempo el mecanizado en alta velocidad consume 2 veces más energía que el mecanizado convencional, al ser casi 10 veces menor el tiempo de mecanizado en alta velocidad el consumo total es 6.8 veces menor (ver imagen 2). Asumiendo un costo de \$500 el KW/h de energía en Pereira el costo de mecanizado de esta pieza en estrategias convencionales seria de \$1755,75 pesos, mientras el costo en alta velocidad es de \$258,25 pesos.

Fidelidad metrológica:

Al analizar el promedio de la desviación estándar en las medidas controladas representadas en la tabla 4, podemos observar que ambas estrategias presentan resultados muy similares con desviaciones entre el 0.002 mm y 0.005 mm, que se encuentran dentro del rango de exactitud implementadas para la fabricación de piezas usadas en maquinaria industrial, industria automotriz y el sector de plásticos que son el principal mercado de las empresas de la región.

Tabla 4
Resultados de la desviación en la medida

ANÁLISIS DE DESVIACIÓN METROLÓGICA EN LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN PARA MECANIZADO EN ACERO 1045 MECANIZADO CONVENCIONAL EXPRESADO MILIMETROS RESPECTO A LA MEDIDA NOMINAL				
Φ FRESA	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4
8	0,0029	0,0039	0,0037	0,0026
10	0,0027	0,0058	0,0016	0,0043
12	0,0018	0,0048	0,0033	0,0041
promedio	0,0025	0,0048	0,0029	0,0037
ACERO 1045 MECANIZADO ALTA VELOCIDAD				
Φ FRESA	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4
8	0,0017	0,0058	0,008	0,0031
10	0,0023	0,0049	0,0029	0,007
12	0,003	0,001	0,001	0,002
promedio	0,0023	0,0039	0,0040	0,0040
ALUMINIO 7075 MECANIZADO CONVENCIONAL				
Φ FRESA	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4
8	0,0019	0,0025	0,0022	0,0033
10	0,0038	0,0025	0,0073	0,0015
promedio	0,0029	0,0025	0,0048	0,0024
ALUMINIO 7075 MECANIZADO ALTA VELOCIDAD				
Φ FRESA	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4
8	0,002	0,004	0,003	0,002
10	0,0017	0,003	0,0022	0,0031
promedio	0,0019	0,0035	0,0026	0,0026

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

1. Es evidente el impacto que tiene la implementación de estrategias de mecanizado en alta velocidad en la competitividad de la industria.
2. Para implementar estas estrategias se requiere inversión en equipos y herramientas que permitan a las máquinas que tiene la industria local realizar este tipo de mecanizados.
3. El SENA debe brindar formación especializada en este tipo de avances en procesos de manufactura, lo que requiere esfuerzos en diseño curricular y equipamiento para poder atender las necesidades en este sector.

Referencias bibliográficas

- Ministerio de Ciencia, Gobernación de Risaralda. (2020). Convocatoria regional de investigación aplicada y desarrollo tecnológico para fomentar la integración de los actores del ecosistema CTeI de Risaralda.
- Morris, L., Toro, A., Becerra, L., Granda, M., & Cardona, M. (2022). Mapeo para el fortalecimiento de las capacidades productivas en términos indicadores de productividad del sector metalmecánico en Risaralda, Colombia.
- Pantoja, H. C., del Risco Alfonso, R., & Rodríguez, R. P. (2023). Fortalecimiento de la competitividad organizacional en talleres de maquinado empleando métodos multicriterio y difusos. Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional, 5(17), 1-11.